

ALPS処理水の海洋放出に係る 運用体制の変更及び測定・評価対象核種の選定【概要】

2022年12月19日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 原子炉等規制法に基づく審査における主な確認事項※に対する説明

① 放出開始後の海洋放出設備の運転・保守管理体制の整備

- ・ ALPS処理水の海洋放出に係る組織体制**

② ALPS処理水を海洋放出する際に測定・評価する核種の選定フローの設定

- ・ ALPS処理水中の核種の特定手順及び測定・評価対象核種の選定の考え方**

※：第51回原子力規制委員会 資料2より

1. 原子炉等規制法に基づく審査における主な確認事項※に対する説明

※：第51回原子力規制委員会 資料2より

確認事項①

- 放出開始後の海洋放出設備の運転・保守管理体制の整備
・ ALPS処理水の海洋放出に係る組織体制

1－① ALPS処理水の海洋放出に係る組織体制（1/2）

- ALPS処理水海洋放出の運用体制として、引き続きALPS処理水プログラム部が海洋放出に関する設備のプロジェクトの計画及び管理をするものの、設備の保守管理や運転管理等を実施する運用箇所を、実施計画上で明確にした。

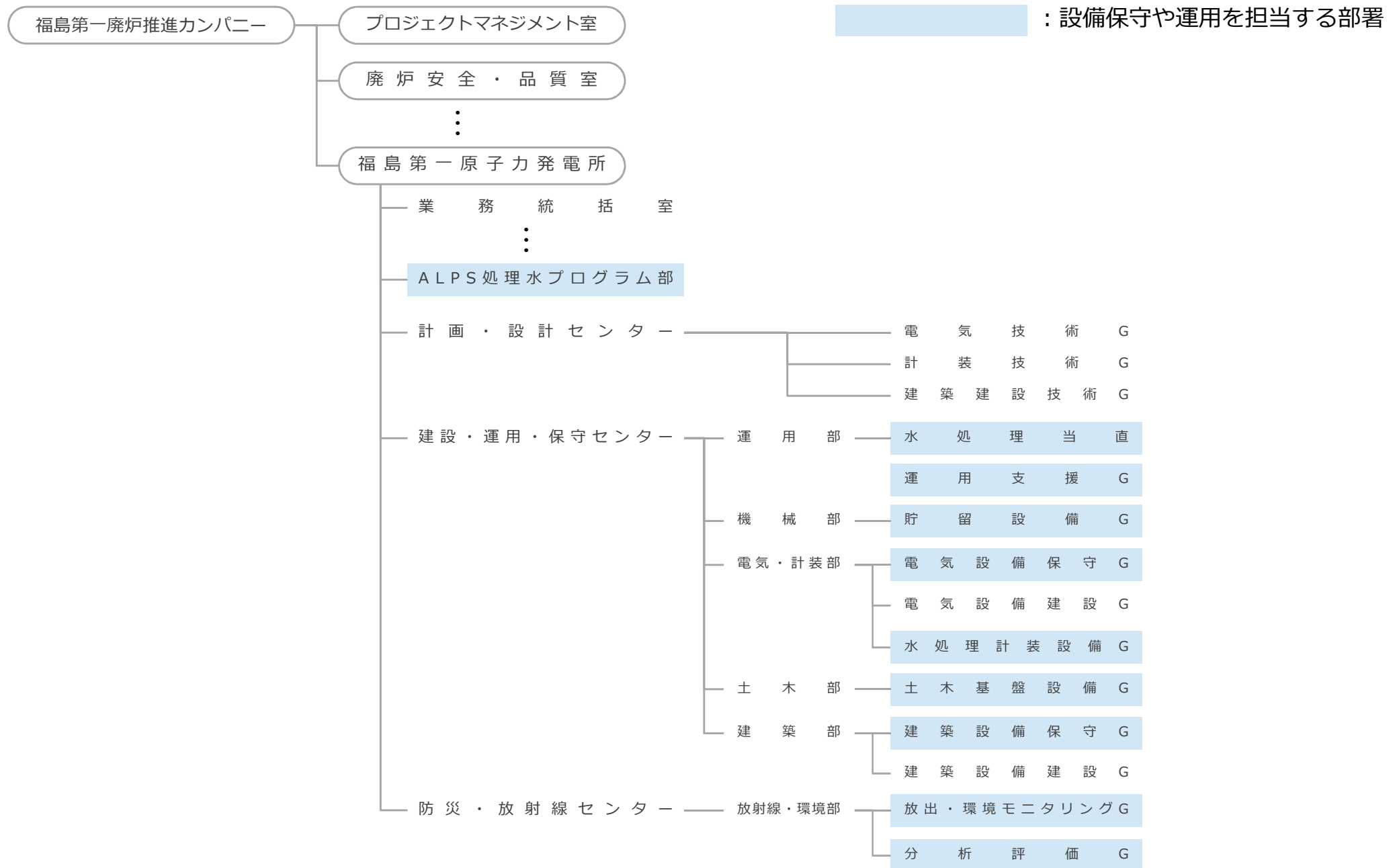
組織	保安に関する職務	赤字：記載変更箇所
ALPS処理水プログラム部	海洋放出に関連する設備のプロジェクトの計画及び管理、運用方法の検討並びにALPS処理水希釈放出設備の運転計画に関する業務	他
建設・運用・保守センター 運用部 水処理当直	汚染水処理設備等、滞留水を貯留する建屋、多核種除去設備等、サブドレン他水処理施設及びALPS処理水希釈放出設備	の運転管理
建設・運用・保守センター 機械部 貯留設備G	汚染水処理設備等（貯留設備）の土木設備及びALPS処理水希釈放出設備の機械設備の保守管理 汚染水処理設備等（貯留設備の付帯設備）及び雨水処理設備等の建設・設置及び保守管理	
建設・運用・保守センター 電気・計装部 水処理計装G	汚染水処理設備等、滞留水を貯留する建屋、多核種除去設備等、サブドレン他水処理施設、油処理装置、3号機原子炉格納容器内取水設備、ALPS処理水希釈放出設備	等に係る計装設備の建設・設置及び保守管理

なお、上記以外の運用箇所については、現在の実施計画の記載で職務の解釈が可能なため、実施計画の記載変更は実施しない。各々の職務は、下記グループにて対応する。

・ 運転管理のうち手順書等に関する業務	： 建設・運用・保守センター	運用部	運用支援G
・ 電気設備の保守管理	： 建設・運用・保守センター	電気・計装部	電気設備保守G
・ 土木設備の保守管理	： 建設・運用・保守センター	土木部	土木基盤設備G
・ 建築設備の保守管理	： 建設・運用・保守センター	建築部	建築設備保守G
・ 液体廃棄物等の排水管理	： 防災・放射線センター	放射線・環境部	放出・環境モニタリングG
・ ALPS処理水の分析	： 防災・放射線センター	放射線・環境部	分析評価G

1－① ALPS処理水の海洋放出に係る組織体制（2/2）

- ALPS処理水海洋放出の運用体制を、福島第一廃炉推進カンパニーの体制図で示すと以下の通り。



1. 原子炉等規制法に基づく審査における主な確認事項※に対する説明

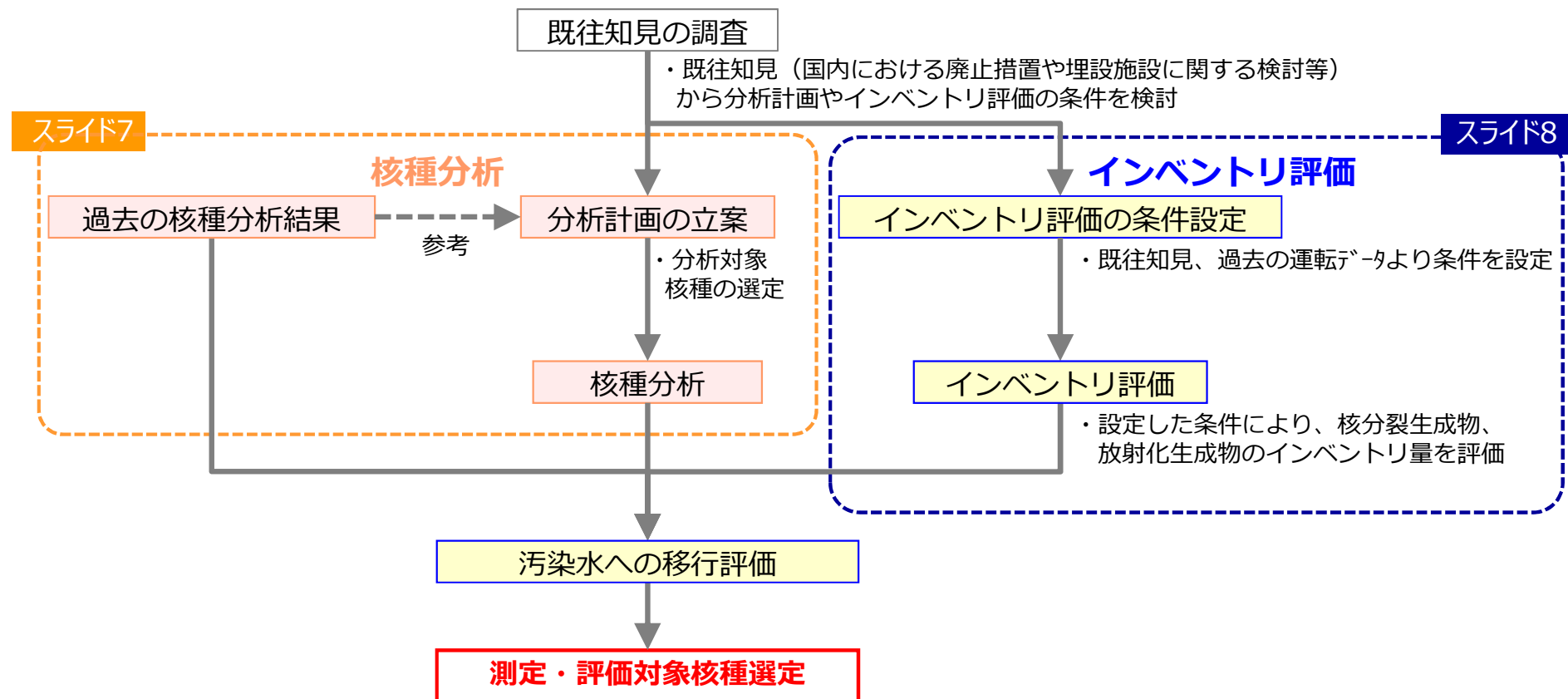
※：第51回原子力規制委員会 資料2より

確認事項②

- ALPS処理水を海洋放出する際に測定・評価する核種の選定フローの設定
 - ・ ALPS処理水中の核種の特定手順及び測定・評価対象核種の選定の考え方

1－② ALPS処理水中の核種の特特定手順（1/3）

- 2022年7月22日に認可された実施計画には、『ALPS処理水の希釈放出前に放出基準（ALPS処理水に含まれるトリチウム以外の放射性物質の告示濃度限度比総和が1未満）を満足することを確実なものとするため、国内における廃止措置や埋設施設に関する知見を踏まえ、改めて徹底的に検証した上で、測定・評価の対象とする核種を選定する』という方針を記載している。
- 具体的には、第9回ALPS処理水審査会合で説明した通り、実際に核種分析した結果と、机上で実施するインベントリ評価を合わせて、核種を特定することを計画した。



測定・評価対象核種選定の検討の全体の進め方

1－② ALPS処理水中の核種の特定手順（2/3）

- 核種分析では、過去に実施した分析結果の確認の他、廃止措置や埋設施設に関する研究において着目されている核種が、建屋滞留水、ストロンチウム処理水、およびALPS処理水等に有意に存在するか、追加分析を実施して確認を行った。
- 追加分析の中で、**廃止措置や埋設施設に関する研究で着目されている核種（α核種含む）は、ALPS処理水において不検出である※**ことを確認した。

※：告示濃度限度の1/100以下であり、かつ検出限界値未満、ウランは環境中に含まれる非常に微量の天然ウランを検出

過去に測定を実施した核種							第9回ALPS処理水審査会合資料より		
核分裂生成物：56核種							腐食生成物：6核種		
Rb-86 ルビウム	Sr-89 ストロンチウム	Sr-90 ストロンチウム	Y-90 イットリウム	Y-91 イットリウム	Nb-95 ニオブ	Tc-99 テクネチウム	Mn-54 マンガン	左記以外の核種：2核種	
Ru-103 ルテチウム	Ru-106 ルテチウム	Rh-103m ロジウム	Rh-106 ロジウム	Ag-110m 銀	Cd-113m カドミウム	Cd-115m カドミウム	Fe-59 鉄	H-3 トリチウム	C-14 炭素
Sn-119m スズ	Sn-123 スズ	Sn-126 スズ	Sb-124 アンチモン	Sb-125 アンチモン	Te-123m テルル	Te-125m テルル	Co-58 コバルト	64核種以外の核種：20核種	
Te-127 テルル	Te-127m テルル	Te-129 テルル	Te-129m テルル	I-129 ヨウ素	Cs-134 セシウム	Cs-135 セシウム	Co-60 コバルト	Cl-36 塩素	Ca-41 カルシウム
Cs-136 セシウム	Cs-137 セシウム	Ba-137m バリウム	Ba-140 バリウム	Ce-141 セリウム	Ce-144 セリウム	Pr-144 プラセオジム	Ni-63 ニッケル	Ni-59 ニッケル	Mo-99 モリブデン
Pr-144m プラセオジム	Pm-146 プロメチウム	Pm-147 プロメチウム	Pm-148 プロメチウム	Pm-148m プロメチウム	Sm-151 サマリウム	Eu-152 ユウロピウム	Zn-65 亜鉛	Tc-99m テクネチウム	Te-132 テルル
Eu-154 ユウロピウム	Eu-155 ユウロピウム	Gd-153 ガドリニウム	Tb-160 テルビウム	Pu-238 プルトニウム	Pu-239 プルトニウム	Pu-240 プルトニウム		I-131 ヨウ素	I-131 ヨウ素
Pu-241 プルトニウム	Am-241 アメリシウム	Am-242m アメリシウム	Am-243 アメリシウム	Cm-242 キュリウム	Cm-243 キュリウム	Cm-244 キュリウム		U-233 ウラン	U-233 ウラン
								U-234 ウラン	U-234 ウラン
								U-235 ウラン	U-235 ウラン
								U-236 ウラン	U-236 ウラン
								U-238 ウラン	U-238 ウラン
								Np-237 ネプツニウム	Np-237 ネプツニウム
								Pu-242 プルトニウム	Pu-242 プルトニウム
								Cm-245 キュリウム	Cm-245 キュリウム
								Cm-246 キュリウム	Cm-246 キュリウム

今回、既往知見から抽出し、追加分析した核種（下記の核種以外に建屋滞留水やストロンチウム処理水等に有意に含まれる可能性のあるα核種も確認）

Fe-55 鉄	Ni-59 ニッケル	Nb-93m ニオブ	Mo-93 モリブデン	Sn-121m スズ	Cl-36 塩素	Ca-41 カルシウム	Zr-93 ジルコニウム	Ba-133 バリウム	Se-79 セレン	Pd-107 パラジウム
------------	---------------	---------------	----------------	---------------	-------------	----------------	-----------------	----------------	--------------	-----------------

1－② ALPS処理水中の核種の特定手順（3/3）

- インベントリ評価では、通常の原子力発電所の安全評価やALPS除去対象核種検討時に核分裂生成物を評価している他、廃止措置や埋設施設に関する研究では、原子力発電所内の機器の放射化計算が実施されている。
- 本検討では上記2つの評価を参考に、下表の通り検討を進める。なお、使用するコードは、過去の評価と同様にORIGEN※とする。

※：ORNL Isotope Generation and Depletion Code：放射性物質の生成、壊変、減損について計算を行うためのコードシステム

No.	評価	内容
1	核分裂生成物評価	通常の原子力発電所の安全評価を参考に、1F-1～3の原子炉圧力容器内に装荷されていた燃料の条件および、各燃料の装荷期間から想定される燃焼度等の条件から、2011年3月時点のインベントリ量を評価。（ALPS除去対象核種検討時と同様） 2011年3月以降は、減衰による12年間のインベントリ量の減少を計算。
2	放射化生成物評価	廃止措置や埋設施設に関する研究を参考に、原子炉圧力容器内及びその下部に存在する、以下4種類の機器・構造物について、炉心からの照射期間を踏まえた、2011年3月時点のインベントリ量を評価。 ・炉内構造物 ・燃料体（核燃料物質を除く） ・圧力容器 ・ペDESTAL 他に、原子炉冷却系統を構成している機器等の構成材料の腐食、放射化により生成される腐食生成物についても、運転時の給水金属データ等を使用して、2011年3月時点のインベントリ量を評価。 いずれの評価においても、2011年3月以降は、減衰による12年間のインベントリ量の減少を計算。

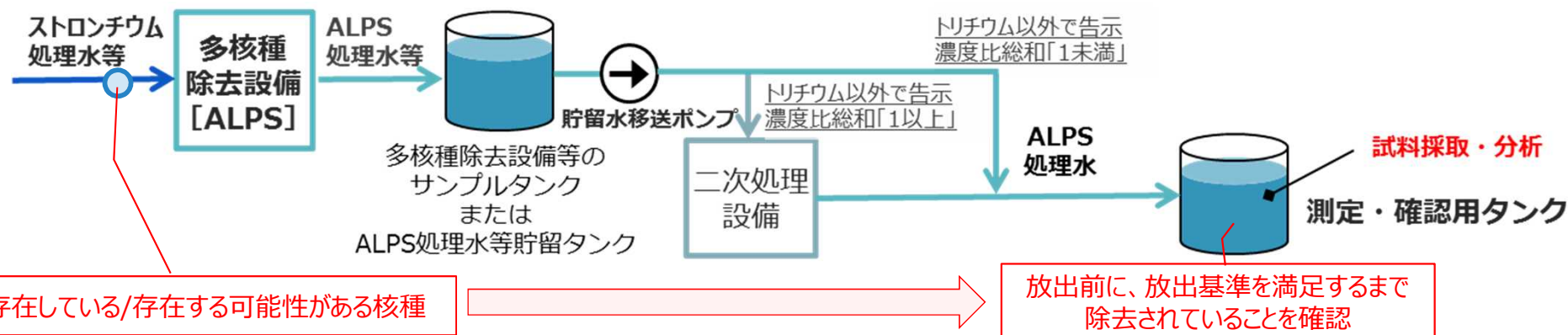
1－② 測定・評価対象核種の選定の考え方（1/4）

- ALPS処理水等において、主要7核種※にC-14及びTc-99を加えた放射能濃度の分析結果の合計値と全β測定値において、現行の64核種以外に放射性核種の存在を疑わせるようなかい離は認められていない。また、全αについても不検出の状態が続いている。

※ 過去の処理水の62核種分析において告示濃度限度に対して有意に検出された、Cs-134、Cs-137、Sr-90、I-129、Co-60、Sb-125、Ru-106のこと。

- 上記に加えて、7スライドの通り、現行の64核種以外に、廃止措置や埋設施設に関する研究で着目されている核種を個別に分析した結果も、ALPS処理水において不検出であることを確認した。
- 以上のことから、ALPSにおける除去性能は問題なく発揮しており、ALPS処理水において有意に存在する可能性がある核種は主要7核種、C-14及びTc-99であることを再確認した。

- 一方、測定・評価対象核種は、これまでのALPS処理水審査会合での議論やIAEAからの指摘を踏まえ、建屋滞留水やストロンチウム処理水において、有意に存在している/存在する可能性がある核種が、海洋放出を行うALPS処理水では放出基準を満足するまで除去されていることを、放出前に確認するという考え方で選定する。



【参考】ALPS処理前後の告示濃度限度比総和の比較

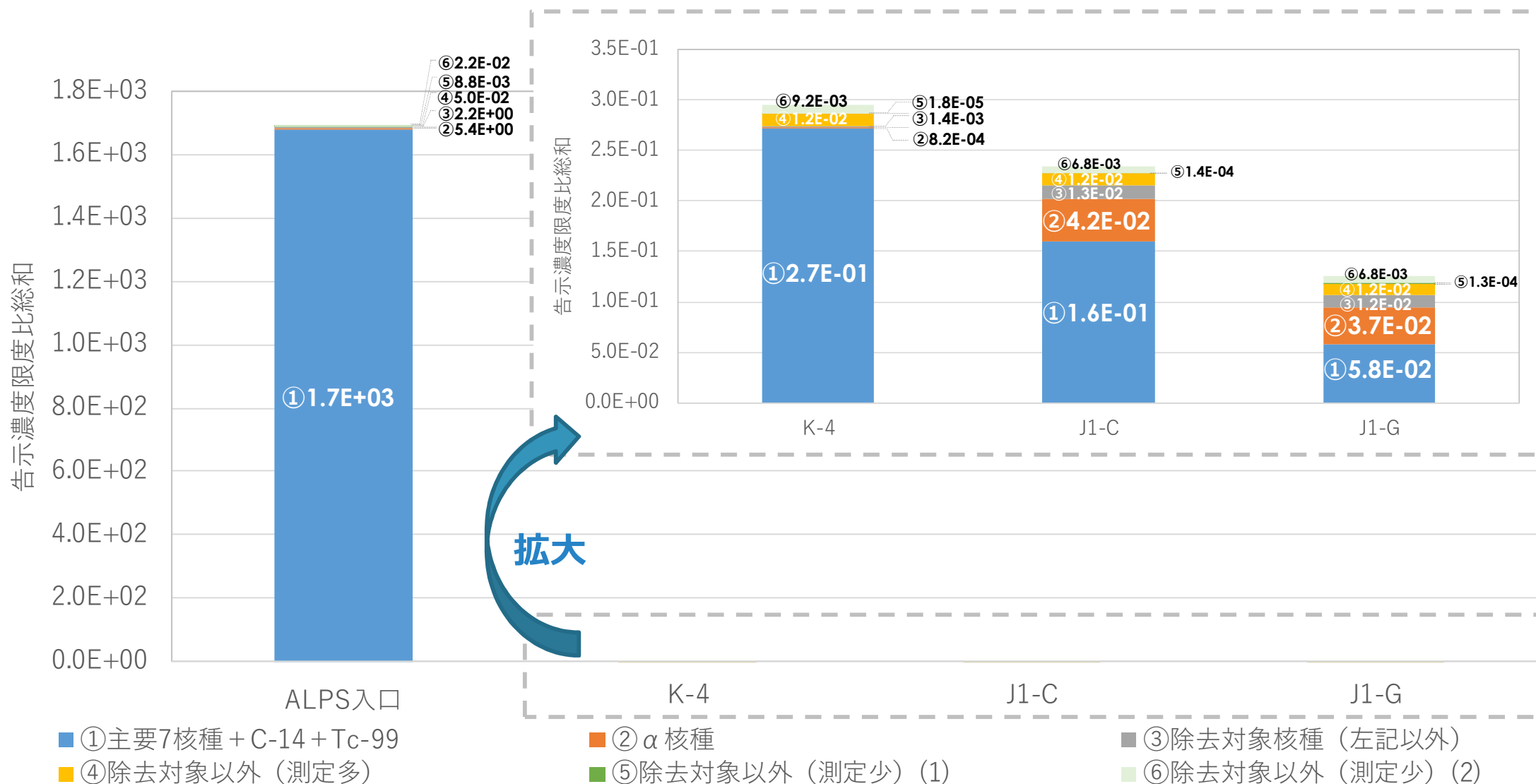
- 下表の分類で、ALPS入口（2021年度）及びALPS出口（K-4, J1-C, J1-G）の分析結果について、告示濃度限度比を評価した結果は以下の通り。

No. 分類		具体的核種 (測定・評価の候補となっている核種)		ALPS 入口	ALPS出口					
				K-4	J1-C	J1-G				
①	ALPS処理水中で 主に検出される核種	主要7核種 (放射平衡Y-90, Te-125m 含む) , C-14, Tc-99		1.7E+03	2.7E-01	1.6E-01	5.8E-02			
②	ALPS 処理水中 には ほとんど 検出され ない核種	α	U-234, U-238, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Cm-244	5.4E+00	8.2E-04	4.2E-02	3.7E-02			
③		ALPS除去対象 (上記以外)	Mn-54, Ni-63, Cd-113m, Ce-144, Pm-147, Sm-151, Eu-154, Eu-155, Pu-241	2.2E+00	1.4E-03	1.3E-02	1.2E-02			
④		α 以外	除 去 対 象 以 外	測定数多	Cl-36, Se-79, Nb-94	5.0E-02	1.2E-02	1.2E-02	1.2E-02	
⑤				測定数少	(1)全β, Ge で計数可	Ba-133	8.8E-03	1.8E-05	1.4E-04	1.3E-04
⑥				(2)全β, Ge で計数不可	Fe-55, Nb-93m, Mo-93	2.2E-02	9.2E-03	6.8E-03	6.8E-03	

※：J1-C, J1-Gでは、Cl-36, Se-79, Fe-55, Nb-93m, Mo-93の分析評価結果がないため、増設ALPS出口の結果を使用

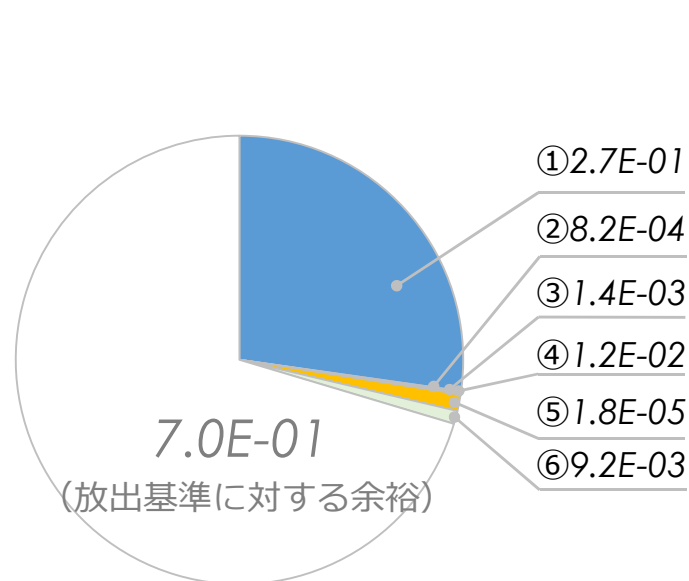
【参考】ALPS処理前後の告示濃度限度比の比較

- 前頁に示した分類の告示濃度限度比をグラフで示すと下図の通り。



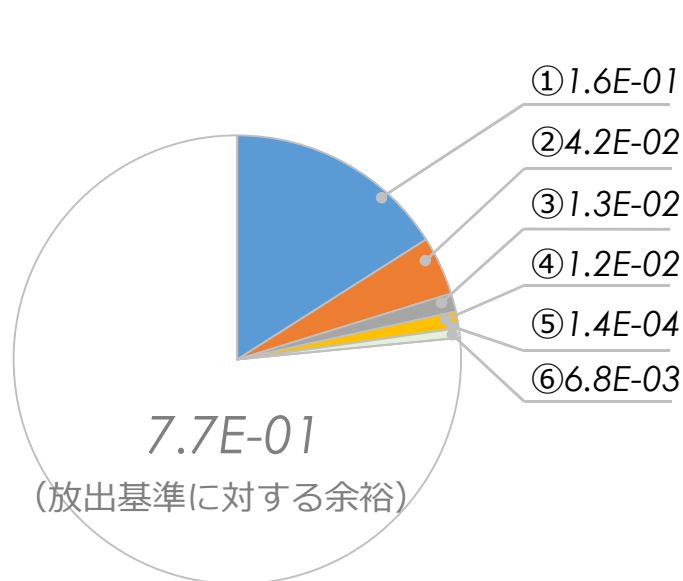
【参考】ALPS処理水の放出基準に対する割合

- 10スライドに示した測定・評価の候補となっている核種について、放出基準（告示濃度限度比総和1未満）に対する割合を示すと下図の通り。
- それぞれのALPS処理水で、放出基準に対して、 $7.0E-01 \sim 8.7E-01$ 程度の余裕がある。



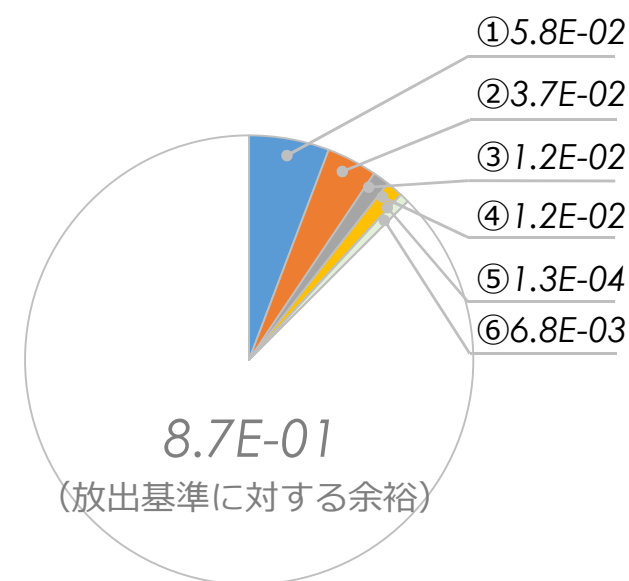
K-4

- ① ①主要7核種 + C-14 + Tc-99
- ③ ③除去対象核種（左記以外）
- ⑤ ⑤除去対象以外（測定少）(1)



J1-C

- ② ② α 核種
- ④ ④除去対象以外（測定多）
- ⑥ ⑥除去対象以外（測定少）(2)

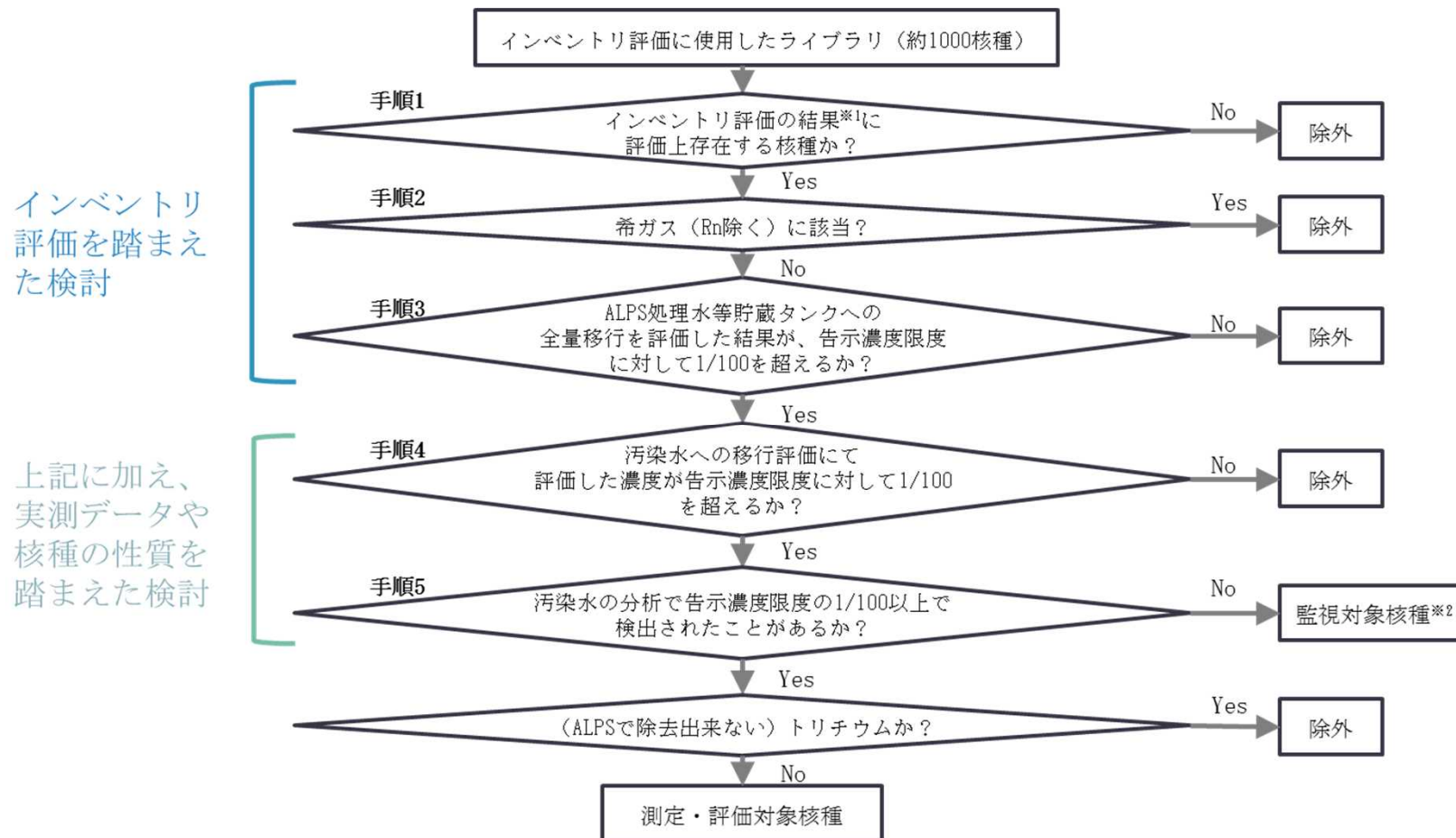


J1-G

1-② 測定・評価対象核種の選定の考え方 (2/4)

- 9スライドの考え方にに基づき、測定・評価対象核種は、下記に示すフローにより選定。
- 選定フローでは、IAEAや原子力規制庁の指摘を踏まえ、最初に核種の半減期を考慮して現実的に存在しうる核種を選定する。その上で、ALPS処理水等貯蔵タンク内へ放射性物質の全量に移行をしているという仮定※をおき、机上での検討を行っている。
さらに、12年間蓄積してきた汚染水の実測データや核種の性質も踏まえて評価を行っている。

※：震災後の12年間で、汚染水処理を継続して実施し、同タンクへ貯留してきたことを踏まえた仮定



※1：インベントリ評価の減衰期間は、選定結果を使用する時期に応じて適切に設定（初回は2023年（震災後12年）に設定）

※2：汚染水中に有意に存在しないか継続して確認する核種

1－② 測定・評価対象核種の選定の考え方（3/4）

- 前頁の選定フローに基づき評価した結果、ALPS処理水の海洋放出に当たって測定・評価を行う対象核種は下表の通り30核種となった。
- ALPS処理水を海洋放出する際に、30核種にて放出基準（トリチウムを除く放射性核種の告示濃度限度比の和が1未満）を満足していることを確認する。合わせて、トリチウム濃度の測定も行い、放出水中に含まれるトリチウム濃度が1,500Bq/L未満となるよう、海洋放出時の希釈倍率を設定する。
- なお、ALPS除去対象核種のうち、測定・評価対象核種の選定外とした37核種は、汚染水中にも有意に存在する可能性はないものの、放出前に自主的に測定し、検出限界未満であることを確認する。

【測定・評価対象核種（30核種）】

C-14 炭素	Y-90 イットリウム	I-129 ヨウ素	Eu-154 イウロピウム	Pu-239 プルトニウム
Mn-54 マンガン	Tc-99 テクネチウム	Cs-134 セシウム	Eu-155 イウロピウム	Pu-240 プルトニウム
Co-60 コバルト	Ru-106 ルテチウム	Cs-137 セシウム	U-234 ウラン	Pu-241 プルトニウム
Ni-63 ニッケル	Cd-113m カドミウム	Ce-144 セリウム	U-238 ウラン	Am-241 アメリシウム
Se-79 セレン	Sb-125 アンチモン	Pm-147 プロメチウム	Np-237 ネプツニウム	Cm-243 キュリウム
Sr-90 ストロンチウム	Te-125m テルル	Sm-151 サマリウム	Pu-238 プルトニウム	Cm-244 キュリウム

1－② 測定・評価対象核種の選定の考え方（4/4）

- 前頁の測定・評価対象核種は、今後の廃炉作業の進捗によって、その状況に変化が生じる可能性が考えられることから、下記の確認を継続して行う。
- 測定・評価対象核種以外の核種（以下「その他核種」という）が有意に存在することが確認された場合は、測定・評価対象核種の再評価を行う。なお、放射性核種の減衰についても、選定フローの中で反映する。

【放出の都度の確認】

ALPS 処理水の放出基準を確認する際、全 α 、全 β 、Ge半導体検出器による γ 線測定で、その他核種が有意に存在しないことを確認する。

【汚染水の放射能濃度のトレンド確認】

集中汚染建屋以降の汚染水の放射能濃度が、過去に確認された濃度以下であることを確認する。

【調査分析】

調査分析では、上記確認で懸念が有る事象が発生した場合に、その他核種の存在を調査する。懸念が無い場合であっても、ALPS処理前の汚染水において、監視対象核種が有意な濃度で存在しないことの確認を1年に1回の頻度で行い、その他核種の存在を調査する。

○監視対象核種（6核種）

過去の汚染水、処理水の分析では有意な濃度で検出されていないものの、汚染水中に有意に存在しないか継続して確認する核種。

Cl-36 塩素	Fe-55 鉄	Nb-93m ニオブ	Nb-94 ニオブ	Mo-93 モリブデン	Ba-133 バリウム
--------------------	-------------------	----------------------	---------------------	-----------------------	-----------------------